



УДК 621.5.001(075)

**Л.Ф. Ивчик, В.Н. Коньшин, Л.Б. Лебедев**

ОАО «Криогенмаш», пр. Ленина, 67, г. Балашиха Московской обл., РФ, 143907

e-mail: [ivchik@bk.ru](mailto:ivchik@bk.ru)

## ИССЛЕДОВАНИЯ ГАЗОДИНАМИЧЕСКИХ И ТЕПЛОВЫХ ПРОЦЕССОВ В ДЕТАНДЕРНОЙ СТУПЕНИ ДЕТАНДЕР-КОМПРЕССОРНОГО АГРЕГАТА

*Проведен газодинамический расчёт трёхмерного течения с учётом нагрева, вызванного трением газа о покрывной диск, в турбодетандерной ступени детандер-компрессорного агрегата с использованием программного комплекса ANSYS CFX. Выполнено сравнение расчётных данных с результатами промышленных испытаний. Предложены обоснованные мероприятия по улучшению характеристик турбодетандера.*

**Ключевые слова:** Турбодетандер. Детандер-компрессорный агрегат. Рабочее колесо. Направляющий аппарат. Программные комплексы ANSYS CFX, ICEM CFD.

**L.F. Ivchik, V.N. Konshin, L.B. Lebedev**

## RESEARCHES OF GAS-DYNAMIC AND THERMAL PROCESSES IN EXPANDER STEP OF EXPANDER-COMPRESSOR UNIT

*The gas-dynamic calculation of three-dimensional current in view of the heating caused by friction of gas about finishing disk, in turbo-expander step of expander-compressor unit with use of program complex ANSYS CFX it is carried out. The comparison of settlement data with results of industrial tests is executed. The proved actions on improvement of characteristics of turbo-expander are offered.*

**Keywords:** Turbo-expander. Expander-compressor unit. Impeller. Distributor. Program complexes ANSYS CFX, ICEM CFD.

### 1. ВВЕДЕНИЕ

Современная методика проектирования турбодетандеров опирается на опыт, накопленный за более чем 60-летний период применения этих машин в криогенной технике. В основе их создания лежат работы П.Л. Капицы [1], В.И. Елифановой [2] и др.

Существующие расчётные технологии позволяют проектировать турбодетандеры с неплохими, на первый взгляд, показателями. Так, в настоящее время российские предприятия производят турбодетандеры с изоэнтальпным КПД 84-89 %, в то время как лучшие зарубежные аналоги имеют КПД 90-93 %. В данной статье сделана попытка понять, как достичь показателей лучших зарубежных разработок.

Следует отметить, что еще в 1938 г. под руководством П.Л. Капицы были спроектированы и построены турбодетандеры с КПД 80 %; в некоторых случаях он достигал 85 % [1]. Таким образом, ещё в то время в некоторых типах турбодетандеров было достигнуто значение изоэнтальпного КПД, мало отличающееся от его величины у современных машин.

Заметим, что имеются трудности с проектированием турбодетандеров с малым диаметром рабочего

колеса (меньше 50 мм). КПД таких турбодетандеров невысок и редко достигает значения, превышающего 70 % [3].

Повышение КПД турбодетандера особенно актуально в настоящее время, так как заказчики предпочитают установки с меньшим потреблением энергии. Дальнейшее улучшение параметров невозможно без использования при проектировании современных трёхмерных методов вычислительной гидродинамики. Эти методы успешно применяются как основными зарубежными производителями турбомашин, так и некоторыми российскими. Анализ этих методов показывает, что они, во-первых, более технологичны, во-вторых, позволяют проектировать турбомашины с большей эффективностью.

В настоящей статье представлена численная методика, дающая адекватные результаты и позволяющая вырабатывать рекомендации по улучшению характеристик турбодетандера. Целью наших исследований является: проведение трёхмерного газодинамического и термодинамического расчётов турбодетандера; сравнение расчётных характеристик с результатами испытаний; изучение физических явлений, происходящих в проточной части турбодетандера; вы-